



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Roope Rätty

# Tietomallin hyödyntäminen LVI-aika- taulusuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.6.2020

Tekijä Otsikko	Roope Rätty Tietomallin hyödyntäminen LVI-aikataulusuunnittelussa
Sivumäärä Aika	31 sivua 27.4.2020
Tutkinto	insinööri, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	lehtori Aamos Lemström talotekniikan projektipäällikkö Ari Pulkki
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on tietomallin hyödyntäminen LVI-aikatauluissa. Työ on tehty SRV Rakennus Oy:lle. Työ on tehty osana laajaa toimistosaneeraushanketta Helsingissä 2020.</p> <p>Opinnäytetyössä hyödynnetään tietomallia rakennuksen IV- ja KVV-massojen saannissa ja näiden massojen avulla ollaan luotu talotekniikan työehtosopimuksessa esiintyvien nettotuntikertoimien avulla Last planner -mallinen viikkoaikataulu. Työhön on haastateltu kahta talotekniikan alan ammattilaista. Teoriaosuudessa on käytetty lähteenä kirjallisuutta ja haastatteluja.</p> <p>Aluksi työssä käsitellään tietomallin ja Last planner -aikatauluttamisen teoriaa ja toimintaperiaatteita. Tutkimusosuus sisältää menetit Last planner -viikkoaikataulun luomiseen.</p> <p>Opinnäytetyön aihe on yleisesti ja projektilemme tärkeä, sillä tietomalliin pohjautuvaa aikatauluttamista ei vielä alalla ole paljon. Aiheen on antanut SRV Rakennus Oy.</p>	
Avainsanat	tietomalli, Last planner, LVI-aikataulutus

Author Title	Roope Rätty Exploiting Building Information Model in HVAC Scheduling
Number of Pages Date	31 pages 27 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Aamos Lemström, Senior Lecturer Ari Pulkki, Project Leader
<p>This bachelor's thesis studied ways in which to benefit from building information modelling when making HVAC project schedules. The purpose was to improve short term HVAC schedules in the role of a project manager.</p> <p>The final year project studied the use of BIM by using the take-off function to create bills of quantities for building services systems. The bills of quantities were then utilized to improve the creation of short term HVAC schedules, using the quantities and net hours agreed upon in the collective labour agreement for HVAC industry for the installations to calculate the time for installations. Furthermore, interviews were conducted with experts in the field, and relevant literature was studied.</p> <p>The thesis resulted in an accurate and promising tool for project managers. The thesis showed that scheduling with the help of BIM fits well in the daily routine of project manager.</p>	
Keywords	HVAC-engineering, building information model

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Mitä opinnäytetyöllä tavoitellaan?	1
1.2	Tässä työssä esiintyvät haastattelut	2
2	Yritysesittely	2
3	Kirjallisuusselvitys ja teoria	3
3.1	Aikataulujohtaminen	3
3.2	Last Planner	4
3.2.1	Mistä Last Plannerin tarve tuotannonohjaukseen muodostuu	4
3.2.2	Last Plannerin perusteemat	7
3.3	Tietomalli	8
3.4	BIM-tietomallin standardit ja käytännöt	9
4	Tutkimusmenetelmät	10
5	Tutkimuksen toteutus ja arviointi	12
5.1	Aikataulusuunnittelu	13
5.2	Nettotyötunteihin perustuva Last Planner -aikataulutus	15
5.3	Tietomallista saatavien massojen nettotuntien lasku	15
5.4	IV-aikataulutus	23
5.5	KVV-aikataulutus	27
5.6	LVI-projektipäällikön haastattelu	30
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

## Lyhenteet

BIM	Building Information Model, tietomalli
IV	Ilmanvaihto
KVV	Käyttövesi ja viemäri
LVI	Lämpö, vesi, ilma
Tate	Talotekniikka
YSE1998	Yleiset sopimusehdot 1998
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012

## 1 Johdanto

Aikataulusuunnittelun ja tietomallin hyödyntäminen keskenään on rakennusalalla alkutekijöissään. Tavat hyödyntää tietomallia kehittyvät tämän päivän rakennusteollisuudessa kovaa vauhtia ja on kehityksen kannalta tärkeää, että ne saataisiin tukemaan projektillisesti tärkeitä piirteitä rakentamisessa. Työn tarkoituksena on löytää tapoja valjastaa tietomallissa piilevä potentiaali LVI-aikataulusuunnittelulle.

Tämä opinnäytetyö käsittelee tietomallin hyödyntämistä LVI-aikataulusuunnittelussa toimitosaneerauskohteessa Helsingissä. Se on toteutettu SRV Rakennus Oy:lle. Opinnäytetyö sisältää pääpiirteittäin kaksi osuutta, kirjallisuusselvityksen, jossa käsitellään aikatauluttamisen tietomallia, ja tutkimusosuuden, jossa niiden yhdistämistä tutkitaan pilotti-aikataulun luonnin kautta. Ohjaavana opettajana Metropolia AMK:n puolelta työssä on toiminut Aamos Lemström.

Työn tutkimusosuus on toteutettu yhteistyössä SRV:n projektin kanssa, jossa olen itse myös työskennellyt. Projekti alkoi osaltani helmikuussa 2020 ja jatkuu vielä tämän työn laatimisen jälkeenkin. Kohde on laaja toimitilasaneerauskohde Helsingissä.

### 1.1 Mitä opinnäytetyöllä tavoitellaan?

Opinnäytetyön aihetta mietittiin yhdessä SRV Rakennus Oy:n kanssa. Aiheen kriteereinä pidettiin hyödyllisyyttä, tavoitteellisuutta ja tulevaisuutta. Tietomallin hyödyntäminen LVI-aikataulusuunnittelussa osoittautui molempia osapuolia miellyttäväksi aiheeksi sen ajan-kohtaisuuden, aihepiirin ja hyödyllisyyden takia.

Tietomallintamisen ollessa konservatiivisella rakennusalalla uusi asia, ei sen potentiaalia käytetä jokapäiväisessä projektinhoidossa tarpeeksi hyväksi. Aikataulusuunnittelun apuna SRV Rakennus Oy näkee tietomallin olevan oiva työkalu, mutta tapoja ja käytäntöjä sillä työskentelyyn ei olla pystytty viemään mukaan jokapäiväiseen projektinhoitoon. Tavoitteena on valjastaa muuten niin monimutkaisena nähdystä tietomallista helppo työ-

kalu työmaan aikataulusuunnitteluun. Tietomallipohjainen aikataulurakentaminen yksinkertaistaa faktapohjaisen aikataulusuunnittelun työmaalla ja tekee aikatauluista paikkansapitävämpiä ja perusteltuja.

## 1.2 Tässä työssä esiintyvät haastattelut

Työssä ollaan haastattelut kahta henkilöä. Tutkimusvaiheessa on avattu enemmän haastattelujen tapoja ja tarkoituksia, mutta tähän johdantoon on kerrottu kirjallisuusselvityksessä esiintyvien lainausten takia hieman haastatteluista.

Ensimmäinen haastateltava työhön oli Tero Järvinen. Tero Järvisen haastattelu tukee työssä suunnittelun ja urakoinnin välistä yhteistyötä ja näkemystä tietomallin hyödyntämisestä projektinjohtoisessa urakoinnissa. Tero Järvinen on toiminut itse LVI-suunnittelijana ja on nyt Granlund Oy:ssä tietomallin innovaatiopuolella. Tero Järvinen on myös ollut mukana luomassa YTV2012 asetuksia talotekniikan osalta Suomeen.

Toinen haastateltavani on projektimme tate-projektipäällikkö Ari Pulkki. Haastattelu on työssä tehty tutkimuksen jälkeen, mutta Ari Pulkki on toiminut myös ohjaajani työssä, joten olemme jakaneet näkemyksiä työstä koko tutkimuksen ja työn teon ajan ja nämä näkemykset ovat heijastuneet työhön.

## 2 Yritysesittely

Opinnäytetyö on toteutettu SRV Rakennus Oy:lle. Olen toiminut ennen työn toteutusta ja työn toteutuksen aikana harjoittelussa SRV Rakennus Oy:llä.

SRV Rakennus Oy on perustettu vuonna 1987 Helsingissä. Se on listattu pörssiin vuonna 2007. Sillä on toimipisteitä Suomessa, Venäjällä ja Virossa. SRV on malliltaan

projektinjohtourakoitsija, joka kehittää ja rakentaa liike- ja toimitiloja, asuntoja sekä inf-rarakentamis- ja logistiikkakohteita. SRV on kooltaan iso rakennusalan yritys Suomen mittapuulla. Sen liikevaihto vuonna 2018 oli 960 miljoonaa euroa. (srv.fi 2020)

### 3 Kirjallisuusselvitys ja teoria

#### 3.1 Aikataulujohtaminen

Tässä opinnäytetyössä on yhdistelty tahtiaikataulun ja Last Planner -ajattelun teemoja tuotannonohjauksen aikataulusuunnittelun tarpeisiin. Tuotannonohjauksellisella aikataulusuunnittelulla tarkoitetaan tuotannon aikana tapahtuvan valvonnan ja aikatauluohjauksen edellyttämiä aikataulusuunnitelmia. Tuotannonohjauksellisen aikataulusuunnittelun tarkoituksena on estää ja hallita tuotannon poikkeamia ylemmästä aikataulusuunnitelmasta. Työssä käsiteltävillä ylemmillä aikataulusuunnitelmilla tarkoitetaan pidempiaikaisia aikataulusuunnitelmia, jotka on projektissa tehty ennen tuotannon tapahtumista. (Koskenvesa & Koskela , 2003)

Tehokas aikataulun hallinta ja valvonta vaatii usein useiden menetelmien käyttöä. Valvonta ja hallintavälineiden tulee visuaalisesti toimia ja niiden on oltava läpinäkyviä. Tutkimuksessa on yhdistelty tahtiaikataulusuunnittelua ja Last Planner -aikataulusuunnittelua.

Projektinjohdollinen aikatauluvalvonta on vaiheiltaan rikas prosessi. Aikataulujen avulla projektinjohto lyö lukkoon lähes kaikki projektia määräävät asiat. Hankkeen kustannukset, sopimukset laadunvarmistustoiminta kuin resurssitkin peilautuvat ja perustuvat aina aikatauluihin. Näin ollen koko rakennustyömaan ja yksittäisten tehtävien valvomisen ja koordinoimisen kannalta on tärkeää, että laaditut aikataulut ovat aikataulut ovat toteutuskelpoisia. Aikataulujen on aina perustuttava projektin kaikissa vaiheissa työkohteen ja työtehtävän ominaisuuksia vastaaviin työmenekki. ja työsaavutustietoihin sekä hyvään resurssisuunnitteluun. (Sahlstedt & Koskenvesa 2011)

## 3.2 Last Planner

Last Planner -menetelmän kehitti Glenn Ballard Yhdysvalloissa vuonna 1994. Se keskittyy tuotannonohjauksen näkökulmasta aikataulujen luontiin viikkosuunnitelmien pituisilla jaksoilla. Menetelmän tavoitteena on luoda valmiuksia ja ylläpitää varantoa, jossa viikkosuunnitelman pituisia työtehtäviä olisi 4–6 viikoksi eteenpäin. Menetelmää kehitettiin iteratiivisesti erilaisissa rakennushankkeissa vuosien 1994–1996 välillä, jolloin menetelyn keskeiset osat olivat muotoutuneet. Last Planner -kokeiluja on tehty myös Suomessa.

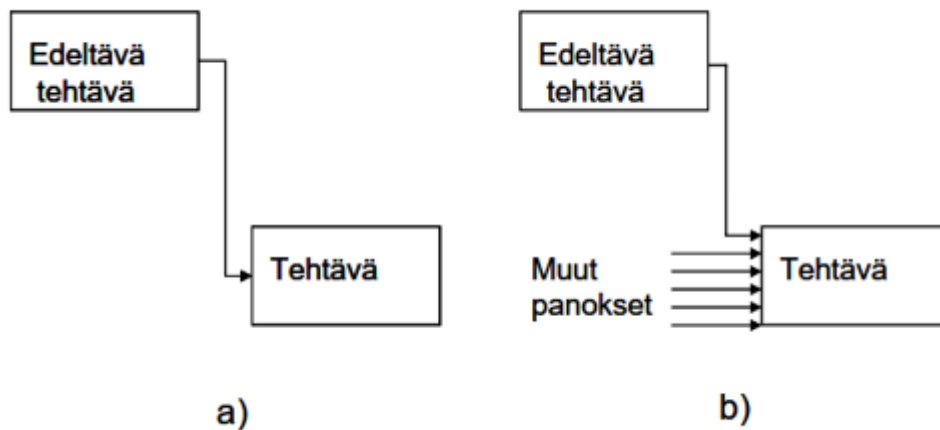
Last Planner -menetelmä on kehitetty vastaamaan niihin kysymyksiin, mihin perinteinen tuotannonohjaus ei ole kyennyt vastaamaan. Perinteisellä tuotannonohjauksella tarkoitetaan Yhdysvalloista 1960-luvulta lähtien levinnyttä erilaisiin toimintaverkkoihin perustuvaa nojaavaa projektinhallinnan lähestymistapaa. Tässä lähestymistavassa määritellään työ laadittavaksi ylhäältä-alas-periaatteella ja sitä leimaa työntöperiaate. Alemmalla, viikkosuunnittelun tasolla, ohjaa ylemmän tason suunnitelmat, joiden avulla määritetään milloinkin tapahtuvat työvaiheet. Last Planner -menetelmä on kehitetty vastaamaan kunkin tilanteen tarvitsemiin työvaiheisiin viikkosuunnitelmien tasolla. Viikkosuunnitelmat toimivat ohjaavina tuotannon aikatauluina, joita ylemmät suunnitelmat ohjaavat. Toisin kuin perinteisessä tuotannonohjausmallissa, jossa peilataan enemmän ylempien suunnitelmien vaatimia työvaiheita. (Koskenvesa & Koskela 2003)

### 3.2.1 Mistä Last Plannerin tarve tuotannonohjaukseen muodostuu

Koskenvesa ja Koskela ovat tutkineet Last Planner -aikataulusuunnittelun vastaavan neljään perinteiseen tuotannonohjauksen esittämään ongelmaan.

Ensimmäiseksi ongelmaksi on osoittautunut perinteisen tuotannonohjauksen tehtäväpainottuneisuus. Perinteinen tuotannonohjaus käsitetään ja hankinnat tehdään tehtävinä. Tällöin ei huomioida sitä, että tehtävillä ja niiden edellytyksillä on muitakin huomioita

kuin edeltävät tehtävät. Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä keskittyy tuotantoon ohjattavana virtana, jota hallittaessa pitää ottaa huomioon muutakin kuin perinteiset tehtävälisat. Koskenvesa ja Koskela kuvaavat tätä virtaa niin sanottuna panosvirtana, joiden osien kaikki muuttujat vaikuttavat prosessiin jollakin tapaa (kuva 1). (Koskenvesa & Koskela 2003)



Kuva 1. Perinteisen tuotannonohjauksen a) ja Last Planner -tuotannonohjauksen b) mallit (Koskenvesa & Koskela 2003)

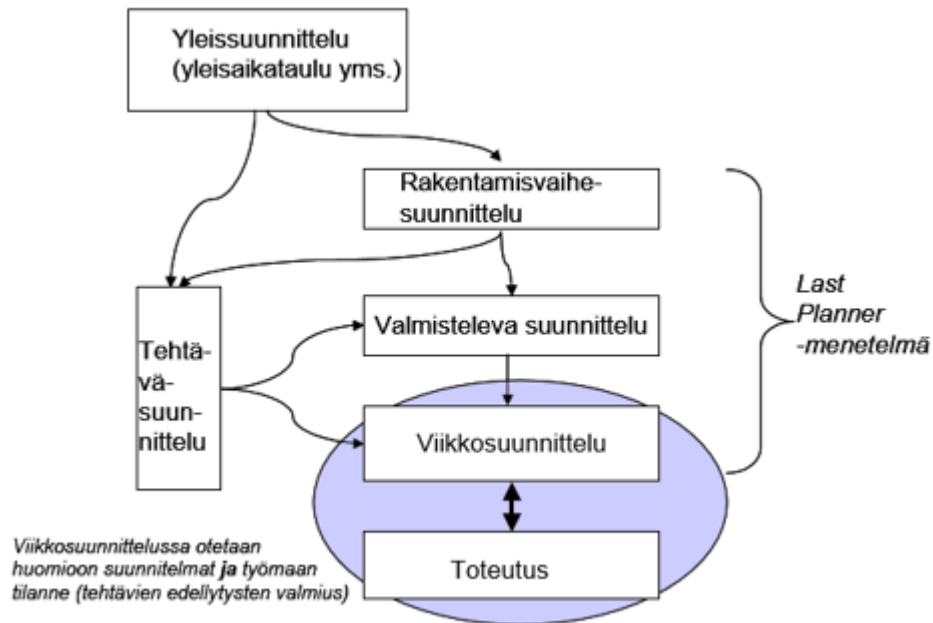
Toinen perinteisen tuotannonohjauksen ongelma liittyy Koskelan ja Koskenvesan mukaan suunnitteluun. Yleisaikatauluun peilaamisen epävarma luonne, johtuen rakentamisen yleisen epävarmuuden korkeasta tasosta, johtaa suunnitelman vanhentumiseen nopeasti projektin aikana. Yleisaikataulun ongelmien ja panosvirtojen aiheuttamien ongelmien päivittäminen suunnitelmiin on usein hidasta ja puutteellista. Tämä aiheuttaa sen, että työmaalla toimivan tuotannonjohdon aika kuluu erilaisten häiriöiden selvittämisessä, eikä aikaa jää toimivan suunnitelman ja kehittämisen tekemiseen. Tällöin syntyy dilemma ensimmäisen ongelman mukaan siihen, kun ylempi suunnitelma (yleisaikataulu) menettää merkitystään, vähenee myös lyhyen aikavälin suunnitelmat (viikkosuunnitelmat). Tämä ongelma peilaa hyvin sitä, miten Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä katsoo asiaa toisin päin verrattuna yleiseen tuotannonohjausmenetelmään. Hyvällä viikkosuunnittelulla korjataan ylempää suunnitelmaa tehokkaammin ja sillä kompensoidaan ylempien suunnittelutasojen puutteet. Last Planner -menetelmä tarjoaa

toteutuskelpoisen viikkosuunnitelman tekoon menetelmät ja toimintatavat. (Koskenvesa & Koskela 2003.)

Kolmas ongelma perinteisessä tuotannonohjauksessa perustuu toimintakelpoisen ja realistisen viikkosuunnitelman toteutukseen. Olettaessa ylempien suunnitelmien ohjaavan viikkosuunnitelmia puuttuu tällöin tarpeeksi realistinen ja systemaattinen lähestymistapa viikkosuunnitelmien luomiseen. Edellä mainittujen panosvirtojen johtaminen ylempistä suunnitelmista ei onnistu, joten tällöin viikkosuunnitelmat eivät ole useinkaan urakoitsijan ja tuotannonohjaajan kannalta toteutuskelpoisia.

Neljäs ongelma Koskenvesan ja Koskelan mukaan liittyy tuotannon valvontaan. Perinteisessä tuotannonohjausmallissa valvonta kohdistuu usein ylempistä suunnitelmista suunniteltujen kustannusten, toteutuneen ja suunnitellun aikataulun peilaamiseen. Korjaukset toimenpiteet toteutetaan, jotta päästäisiin takaisin polulle, joka otetaan jälleen kerran ylempistä suunnitelmista. Tämä toimintamekanismi ei pureudu Last Planner menetelmässä esitettyjen panosvirtojen, eli erilaisten ongelmien syihin. Jotta jokapäiväisellä tasolla ongelmat ja niiden syyt saataisiin esitettyä ja korjattua, on asiaa tarkasteltava lähemmin ja lyhyemmissä jaksoissa. (Koskenvesa & Koskela 2003.)

### 3.2.2 Last Plannerin perusteemat



Kuva 2. Last Planner aikataulusuunnittelussa (Koskenvesa & Koskela 2003)

Koskenvesa ja Koskela ovat jakaneet Last Planner -menetelmän muutamiin perusosiin. Ensimmäinen ja oleellisin osa Last Planner -menetelmää on viikkosuunnitelma, jossa tehtävien edellytykset ovat varmistettu. Hyvä viikkosuunnitelma on hyvin määritelty kaikkien osapuolten osalta ja se on työjärjestyksen kannalta tarkoituksenmukainen. Viikkosuunnitelman sisältämä työmäärä pitää olla oikein arvioitu sen onnistumiseksi. Myös kaikki tehtävät, jotka otetaan mukaan viikkosuunnitelmaan, on oltava toteutettavissa. Tämä varmistetaan edeltävien tehtävien kuittausten avulla Last Planner -suunnittelussa.

Toinen Last Plannerin toimivuuden kannalta tärkeä asia on kaikkien osapuolten sitoutuminen tehtävien läpivientiin. Rakentamisvaihesuunnittelu on tehtävä yhteistyössä kaikkien osapuolten kanssa. Tehtävien toteuttamisjärjestys tehdään yhteisesti. Kaikkia osapuolia on informoitava tarvittavista tehtävistä ja niiden läpikäynti on oltava avointa ja järjestelmällistä. Kukin osapuoli ilmoittaa sen nettoajan minkä töihinsä tarvitsee ja kun tämä

on sovittu, on muiden osapuolien kunnioitettava tätä. Kunkin tehtävän onnistuminen ja puitteet sen tekemiselle on varmistettava ennen sen toteutusta. Kun tehtävät on suoritettu, on ne tarkastettava ja kuitattava tehdyksi Last Planner -viikkosuunnitelmaan.

Valmisteleva suunnittelu on tärkeässä roolissa. Rullaavan valmistelevan suunnittelun on katettava 4 - 6 viikon puitteissa tapahtuvat viikkosuunnitelmat ja aloitusedellytykset. Tätä kutsutaan imuohjaukseksi, joka sisältää piirustuksien, materiaalien, kaluston jne. olemassaolon ja saatavuuden varmistamista aktiivisesti tulevien viikkosuunnitelmien toteutusta varten.

Last Planner -aikataulusuunnittelun yhtenä vaiheena on myös epäonnistuneiden tehtävien läpikäynti. Syyt toteutumatta jääneille viikkosuunnitelmille on käytävä läpi ja kirjattava syyt, jotka ovat vaikuttaneet epäonnistumiseen. (Koskenvesa & Koskela 2003)

### 3.3 Tietomalli

Tietomalli yleisesti tarkoittaa tietokoneella työstettyä mallia, joka koostuu objekteista, jotka liittyvät toisiin objekteihin. Objektien välillä on erilaisia ominaisuuksia, jotka voidaan kuvata ja joille voidaan antaa nimiä ja merkityksiä. Esimerkkinä tietomallista on vaikkapa tekstinkäsittelyohjelmalla tehty tietomalli, teksti. Se koostuu objekteista jotka ovat sanoja, jotka koostuvat alkioista (kirjaimet). Objektit liittyvät toisiin muodostaen lauseita ja suurempia käsitteitä.

Rakennuksen tietomalli on kolmiulotteinen malli rakennuksesta, joka koostuu sinne piirretyistä osista ja materiaaleista, jotka muodostavat lopulta kokonaiskuvan rakennuksesta. Objekteina toimivat siihen piirretyt rakenneosat. Tietomallin osiin liitetään kunkin osan rakenne ja tuotetiedot. Rakennustietomallin lyhenteenä käytetään lyhennettä bim (Building Information Model). Yleisesti tietomallista puhuessa ei tarkoiteta aina rakennustietomallia, tai yhteyttä rakennusteollisuuteen lainkaan.

BIM-malli rakennuksesta ei ole pelkästään visuaalinen kolmiulotteinen malli, vaan tietomallin rakenteeseen on syötetty rakennuksen toiminnallisia ja fyysisiä ominaisuuksia. Grafiikan takana on laajoja tietokantoja standardeista ja tietomalliin piirrettyjen osien

ominaisuuksia. Tietomallissa pystytään kuvaamaan yksittäisten osien lisäksi niiden välistä yhteyksiä muodostaen rakennuksessa toimivien kokonaisuuksien mallintamista ja yhteensopivuutta. (Jävälä & Lehtoviitta 2016)



Kuva 3. Ote BIM -mallista Tallinnan uudessa oikeustalossa (cads.fi 2020)

### 3.4 BIM-tietomallin standardit ja käytännöt

BIM-tietomallin standardit ja käytännöt on epävirallisesti määritelty YTV2012-kokoelmassa. YTV2012 sisältää yleiset tietomallivaatimukset ja osassa 4 määritellään talotekniset standardit ja käytännöt BIM-tietomallille. YTV2012:ssa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinuksella ja mallien tietosisällölle. Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu rakennushankkeisiin, joissa näitä halutaan noudattaa. YTV2012:n tarkoituksena on toimia raameina tietomallin laadulle ja tekotavalle.

YTV2012:n käyttö projektissa on sovittava. Selvitetään, mitä YTV2012-standardeja käytetään määrittämään tietomalli suunnitelman tarkoituksen mukaan projektissa.

Tero Järvinen kertoo haastattelussa LVI- ja tietomallisuunnittelijoiden olevan liian vähän työssä aikataulusuunnittelun kanssa. Tietomallin käyttötarkoitus projektissa pitää siis tietää sopimusta tehtäessä, jotta lähtötaso tietomallille on tarpeeksi riittävä tarkoituksiin. Tietomallisuunnittelijoiden ja projekteissa työskentelevien rakennuttajien pitäisi Järvisen mukaan olla tiiviimmässä yhteistyössä rakennuksen yleissuunnitteluvaiheesta asti, jotta tietomallista saataisiin luotua enemmän kaikkia osapuolia palveleva työkalu. Tietomallisuunnitelmien tekemiseen pitäisi näin tuoda mukaan aspekti, jossa tietomallin vastaanottava osapuoli osaisi kuvailla tietomallin suunnittelijalle, mitä tietoa hän mallista tarvitsee. YTV2012 on tähän hyvä ranka. Niiden avulla tietomallin käyttäjä voi nähdä ne mahdolliset tietosisällöt, jotka hänen työhönsä olisivat antoisat ja neuvotella ne tietomalliin jo projektin alussa. Tietomallisuunnittelijan näkökulmasta tietomallin muuttaminen ja muokkaaminen projektin aikana tarpeiden tullessa vastaan on todella haasteellista, joten tästä syystä tarvittavat vaatimukset olisi hyvä puhua jo hyvissä ajoin projektissa. (Järvinen 2020)

#### 4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus on suoritettu osana SRV:n projektia, jossa itsekin työskentelen. Projekti on laaja saneeraushanke Helsingin pääkaupunkiseudulla. Projekti on alkanut talvella 2019, ja itse liityin siihen mukaan helmikuussa 2020.

Tutkimukseni koskee Tietomallin hyödyntämistä LVI-aikataulusuunnittelussa kyseisessä projektissa kevät talvella 2020. Pilottikoe tehdään yhteistyössä LVI-urakoitsijan ja SRV:n kanssa. Johtuen tutkimuksen ajankohdasta, ei tutkimuksessa käytännössä päästä näkemään siinä suunnitellun aikataulun toteutusta. Tutkimuksessa luodaankin tulevaisuudessa tapahtuvalle tuotannolle tarkka suunnitelma ja sen toteutumisaika on syksyn alussa 2020.

Aikataulusuunnitelman tarkoituksena on luoda tehokas aikataulusuunnitelma Last Planner -tuotannonohjaukseen sekä tahti aikatauluun perustuvan viikkoaikataulu tulevalle LVI-tuotannonohjaukselle. Tutkimuksessa käytetään kohteen tietomallia työkaluna masojen saannille, joihin yhdistämällä talotekniikan työehtosopimuksissa esiintyvät nettotuntikertoimet (kuva 2) saadaan aikaan tehokas työkalu luomaan tuotannonohjaksellisia viikkoaikatauluja.

#### IV-URAKAN NORMITUNTITÄULUKKO

##### Mom. 1. PYÖREÄT KANAVAT JA OSAT

Sarake	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Halkaisija		- 50 mm	50 – mm							
D cm	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH
- 125	0,18	0,37	0,58	0,18	0,48	1,98	0,37	0,28	0,70	0,23
- 200	0,21	0,40	0,63	0,30	0,53	1,98	0,40	0,30	0,75	0,26
250	0,25	0,48	0,75	0,35	0,58	1,98	0,48	0,36	0,90	0,31
315	0,28	0,60	0,93	0,44	0,75	1,98	0,60	0,45	1,13	0,35
400	0,32	0,68	1,06	0,53	0,96	2,84	0,68	0,51	1,28	0,40
500	0,41	0,84	1,34	0,67	1,03	2,84	0,85	0,63	1,58	0,51
630	0,54	1,08	1,69	0,80	1,46	2,84	0,96	0,80	2,00	0,68
800	0,60	1,30	2,04	1,07	1,98	3,97	1,30	0,97	2,43	0,75
1000	1,02	1,60	2,48	1,34	2,65	3,97	1,59	1,18	2,90	1,28
1250	1,34	1,98	2,92	1,79	3,44	3,97	1,87	1,33	3,33	1,68

Kuva 4. Esimerkki normituntitaulukosta (Talotekniikka-alan työehtosopimus 1.5.2018 - 30.4.2020)

Toisena tutkimusmenetelmänäni käytetään teemahaastattelua tukemaan aikataulusuunnittelun vaatimuksia ja analysoimaan aikataulusuunnittelun tuloksia. Teemahaastattelu on haastattelun malli, missä haastateltava ja haastatteluja keskustelevat vapaasti ennalta sovituihin teemoihin. Teemahaastattelu edellyttää molemmilta osapuolilta huolellista aihepiiriin perehtymistä, jotta haastattelun sisältö voidaan kohdentaa sisällöllisesti ja analyttisesti oikeisiin teemoihin. Haastateltavani henkilöt ovat ammattilaisia teemojen sisällön kannalta. Itse toimin haastattelijana tilanteissa ja olen tutustunut teemoja käsittelevään kirjallisuuteen laajasti ennen haastattelua. Ideoita ja teemojen aihepiirejä olen myös käsitellyt alan ammattihenkilöiden kanssa keskustelemalla.

Ensimmäisen haastattelun teemana on työssä esiteltävien tuotannollisten aikataulumenetelmien toteutusmahdollisuudet ja tarpeet tietomallisuunnittelijan suuntaan. Haastateltavana oli Tero Järvinen. Tero Järvinen toimii tietomallin innovatiivisessa kehityksessä Granlund Oy:llä. Tero Järvinen on ollut mukana luomassa YTV2012-standardeja talotekniikan osalta Suomeen. Tämä haastattelu on läpikäyty enemmän tietomallin kirjallisuusselvitysosuudessa, mutta on tärkeänä osana tutkimuksen onnistumista projektissa.

Toisena haastateltavana on Ari Pulkki. Ari Pulkki toimii talotekniikan projektinjohtajana projektissamme. Haastattelun aiheena on ollut tämän tutkimustyön tulokset ja sen käyttö projektissa.

Tietomallin lukemiseen ja käsittelyyn on käytetty Simplebim 8 -ohjelmaa. Sen avulla ollaan tuotu tietomallista ulos tarvittavat massat, joiden avulla on LVI-toimialan työehtosopimuksen esittämiä nettotuntikertoimia hyväksi käyttäen luotu aikatauluja. Aikatauluja on luotu tahtiaikataulun ja Last Planner -ajattelun teemojen ympärille.

## **5 Tutkimuksen toteutus ja arviointi**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia tietomallin hyödyntämistä LVI-aikataulusuunnittelussa. Työni projektinjohtajana on tuonut eteen monia aikataulullisia haasteita, joissa olisi ollut hyödyllistä tehdä lyhytaikaisia aikatauluja työvaiheille ja parantaa niiden toimivuutta kokonaisvaltaisessa aikataulussa ja urakan valmiusasteessa.

Tämän tutkimuksen teemana on tutkia tietomallin hyödynnettävyyttä kyseisissä aikataulusuunnitelmissa. Tutkimuksen tarkoituksena on luoda tapoja ja malleja, joiden avulla LVI-aikataulua rakennushankkeessa voidaan tehdä tietomallin avulla paikkansapitävämmiksi osana ohjaavaa ja toimivaa projektinjohtamista. Last Planner tuotannonohjaus ja tahtituotantomallisten viikkoaikataulujen luonti tietomallin avulla tukisi tuotannonohjauksellisesti projektin alussa tehtyjä talotekniikan ja rakennustyön aikatauluja koko projektin

ajan, jolloin tarkoituksena olisi saada realistisempi kuva asioiden kestosta ja niiden vaikutuksena pitkän aikavälin aikatauluihin.

## 5.1 Aikataulusuunnittelu

Last Planner -aikataulumenetelmät pureutuvat perinteisen tuotannonohjauksen ongelmiin ja pyrkivät vastaamaan näihin kysymyksiin Last Planner -tuotannonohjauksen mallin mukaan. Tietomalli on työssä otettu mukaan onnistuneesti vastaamaan Last Planner -tuotannonohjauksen vaatimiin tietoihin ja menettelytapoihin. Työssä on keskitytty Last Plannerin esittämiin vaatimuksiin prosessinohjauksessa ja pyritty löytämään ne aikataulun luontitavat, joihin tietomallin hyödyntäminen olisi omiaan vastaamaan. Tutkimuksessa pyritään hyödyntämään Last Planner -tuotannonohjauksen tarjoamia viikkosuunnitelmiin perustuvia aikataulusuunnittelumenetelmiä ja luomaan tietomallin avulla toimivia toimintametodeja hyvän LVI-viikkosuunnitelman luomiseen osana teoreettisesti toimivaa Last Planner -tuotannonohjausta työmaalla.

Aikataulusuunnitelmat on luotu tietomallin, tahtiaikataulun, Last Plannerin ja normituntien avulla. Suunnitelma on viety Last Planner -tyyppiselle viikkoaikataulupohjalle (Liite 1). Työssä suunniteltu viikkoaikataulusuunnitelma on tulevaisuuteen tarkoitettu talotekninen aikataulusuunnitelma. Last Plannerin viikkoaikataulupohjalle on tarkoituksena merkitä myös muut kuin talotekniset työt ja ne on sovittava taloteknisten töiden kanssa toimiviksi. Myös edellytykset tässä työssä esiintyville suunnitelmille on varmistettava edeltävien viikkojen viikkoaikatauluissa. Eri alojen aikataulusuunnitelmien yhteensovittaminen on ehdottoman tärkeää tässä työssä esiintyvien aikataulusuunnitelmien toteutumisen kannalta (kuva 5).



## 5.2 Nettotyötunteihin perustuva Last Planner -aikataulutus

Rakennustuotanto on monen osan summa. Projektinjohtoisessa työssä monet eri osapuolet sovittavat töitään ja ajatuksiaan yhteen. Last Planner on otettu tutkimukseen aikataulutustavaksi sen eri osapuolien tehokkaan huomiointitavan vuoksi. Last Planner sopii hyvin tavaksi tahdittaa nettotunteihin perustuvia aikatauluja, sillä nettotuntien toteen käymiseksi on selvät raamit mitä vaiheita pitää työssä olla valmiina, jotta ne pitävät paikkansa. Last Plannerin alustavien töiden kohta kohdalta käynti sopii oivalliseksi työkaluksi näiden raamien täyttämiseksi. Tutkimusosuudessa on käyty läpi tapoja huomioida nämä Last Planner -viikkosuunnitelmia edeltävät ennakoivat työt. Tutkimuksessa käsitellään eri osapuolien vaikutuksia edellä mainittuina panosvirtoina.

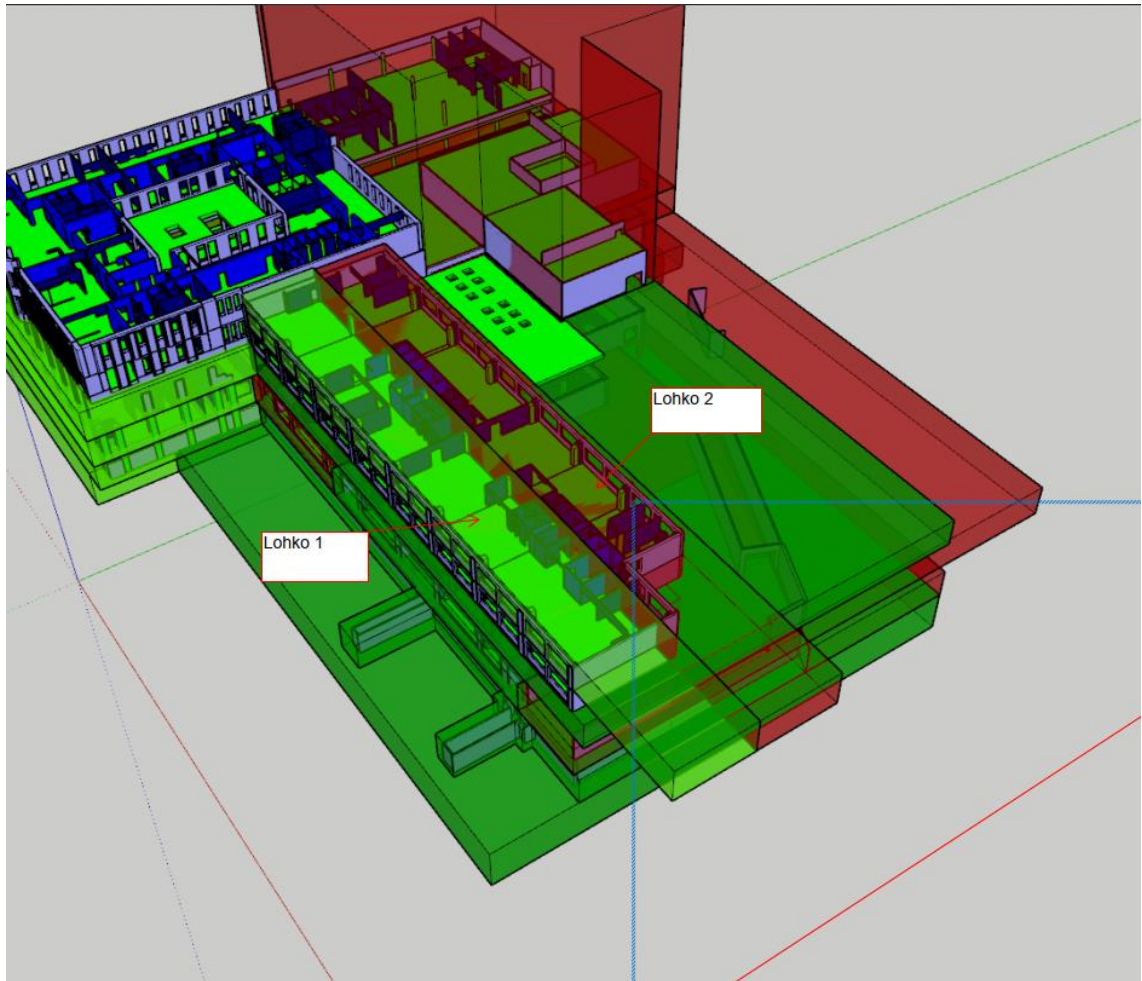
Last Planner antaa tutkimuksessa tehokkaan tavan varmistua aikataulun toteutumisesta ja tutki, mitkä vaikuttavat tekijät pitää jokaviikkoisessa projektisuunnittelussa milloinkin ottaa huomioon.

## 5.3 Tietomallista saatavien massojen nettotuntien lasku

Tarkoituksena tutkimuksessa on luoda viikkosuunnitelmat ja tahdittaa vaiheet LVI- ja putkitöiden osalta 4. kerrokseen kohteessa. Tässä tutkimuksessa työvaiheet aikataulujen luontiin on esitetty kohta kohdalta.

Ensimmäinen vaihe:

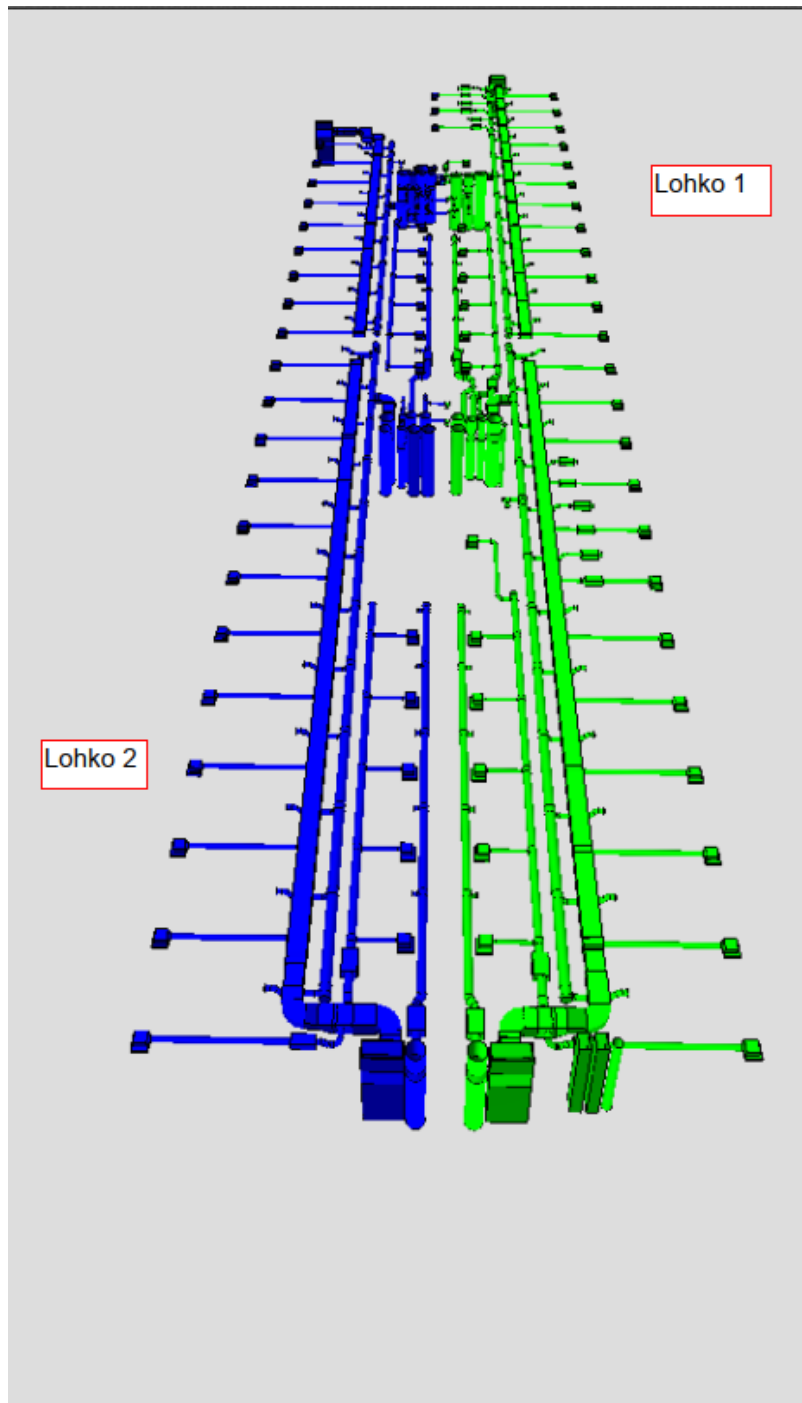
Ensimmäiseksi työssä luotiin lohkot 4. kerroksen osalta Sketchup-ohjelmalla. Loin itse lohkopyyntöt SRV:n tietomallitiimille, joka sitten mallini mukaan siirsi ne minulle tietomalliin sisään. Näin tietomallissa esiintyville objekteille saatiin objektitietoihin halutut lohkot, jonka avulla ne voidaan erotella massoittelun aikana helposti.



Kuva 6. Sketchup-ohjelmalla tehdyt lohkokopyynöt.

Toinen vaihe:

Sketchupilla luotujen lohkojen jälkeen tietomallissa näkyvät jaotteluna samat lohkot (kuva 5).



Kuva 7. Ote Simplebeam:n IV-tiedoista

Simplebeam-ohjelmalla on mahdollisuus jaotella massoja objektien sisältämän tietosisällön mukaan.

1 (4) Lohko 1	871	459,300m
IV-kanavaeristeet (1)	67	92,970m
(1)	67	92,970m
(1)	67	92,970m
(1)	67	92,970m
Lämpöeriste 20mm (67)	67	92,970m
IV-kanavasovitteet (6)	298	0,000m
IV-kanavat (2)	381	366,330m
Pyöreä (8)	340	293,803m
125 (1)	74	28,995m
160 (1)	166	118,161m
200 (1)	1	0,140m
250 (1)	56	68,699m
315 (1)	30	52,458m
400 (1)	2	2,750m
500 (1)	5	9,700m
630 (1)	6	12,900m
Suorak. (4)	41	72,527m
1000x400 (1)	4	5,000m
400x300 (1)	2	6,200m
500x200 (1)	31	60,536m
500x400 (1)	4	0,791m
IV-päätelaitteet ja pellit (10)	125	0,000m
2 (4) Lohko 2	788	443,143m
IV-kanavaeristeet (1)	75	102,357m
IV-kanavasovitteet (6)	263	0,000m
IV-kanavat (2)	339	340,786m
IV-päätelaitteet ja pellit (10)	111	0,000m

Kuva 8. Simplebim-työpöytä massoittelevaiheessa

Kuvassa 6 on esimerkki IV-massoista tietomallin sisällä. Tietomallin on sisällettävä tarpeeksi tarkat tietotisisällöt, jotta ne voidaan luokitella ja lajitella Simplebeam-ohjelman avulla.

Tämä malliesimerkki sisältää tiedot IV-osuudesta tietomallissa. Sama voidaan tehdä mille vain tietomallin sisältämälle osiolle. Tutkimuksessa käsitellään myös KVV-osuutta, joka on viety tietomalliin samalla tavalla kuin IV-osuudet.

Kolmas vaihe:

Simplebeamissä on mahdollisuus viedä tietomallin jäsennellyt massat Excelliin. Excel luo taulukon, joka on jäsennellyt samalla tavalla kuin se on tietomallissa sillä hetkellä, kun Excel luodaan.

Excelin tuomasta taulukosta saamme tietomallissa olleet metrimäärät ja niiden avulla voidaan laskea työehtosopimuksessa esiintyvien normituntikertoimien avulla kyseiseen metrimäärään käytettävä asennusaika.

IV-kanavat (2)		381	366,33	122,73269	130,0966514
	Pyöreä (8)	340	293,803	73,7483	78,173198
		125 (1)	28,996	5,2191	5,532246

Kuva 9. Laskettu asennusaika m x NH

#### Pyöreät kanavat ja osat

Sarake	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Halkaisija D cm	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH	NH
125	0,18	0,37	0,58	0,18	0,48	1,98	0,37	0,28	0,7	0,23
200	0,21	0,4	0,63	0,3	0,53	1,98	0,4	0,3	0,75	0,26
250	0,25	0,48	0,75	0,35	0,58	1,98	0,48	0,36	0,9	0,31
315	0,28	0,6	0,93	0,44	0,75	1,98	0,6	0,45	1,13	0,35
400	0,32	0,68	1,06	0,53	0,96	2,84	0,68	0,51	1,28	0,4
500	0,41	0,84	1,34	0,67	1,03	2,84	0,85	0,63	1,58	0,51
630	0,54	1,08	1,69	0,8	1,46	2,84	0,96	0,8	2	0,68
800	0,6	1,3	2,04	1,07	1,98	3,97	1,3	0,97	2,43	0,75
1000	1,02	1,6	2,48	1,34	2,65	3,97	1,59	1,18	2,9	1,28
1250	1,34	1,98	2,92	1,79	3,44	3,97	1,87	1,33	3,33	1,68
1	Eristämätön kanava									
2	Eristetty kanava ÄE, LE, PE -50mm									
3	Eristetty kanava ÄE, LE, PE 50 - mm									
4	Eristämätön MY, KY, TY, LKP, TULPPA, EP, ulkoliitin kanavasta < 1m SP, YHDEPL									
5	Eristetty KY, TY, MY, LKP, TP, EP, JATKO, kylmäkutistepantaliitos									
6	Ulospuhallinhajoittaja									
7	Äänenvaimennin									
8	Eristämätön haara, saapasosa									
9	Eristetty haara, saapasosa									
10	Suutinkanava									

Kuva 10. Työehtosopimuksesta kopioitu normituntitaulukko. Kyseinen luku edellisen kuvan normituntikerroin

Normitunteja käyttäessä asennusaikojen laskemiseen on otettava huomioon, että ne eivät aina mene yksi yhteen. Työehtosopimuksessa on määritelty olosuhde ja kohdelisiä, jotka vaikuttavat prosentuaalisesti normituntien nousuun (kuva 11).

SANEERAUSLISÄ			
Rakennustyyppi	Rakennus poistettu käytöstä	Rakennus käytössä, työalue ei	Työalue käytössä
Asuinrakennukset (kerros, rivi- ja pientalot, vapaa-ajan asunnot, asuntolat ja vastaavat) majoitusrakennukset, hotellit ja vastaavat	7	13	18
Sairaalat, palvelutalot, hoitolaitokset ja vastaavat	13	20	23
Muut kohteet (Varastorakennukset, parkkihallit, teollisuushallit, myymälä hallit, pysäköintitalot ja vastaavat Lasten päiväkodit, monitoimitalot, opetusrakennukset ja vastaavat Liikerakennukset, myymälät, toimistorakennukset ja vastaavat)	6	7	13
Sellaisissa tapauksissa, joissa työ on verrattavissa uudisttyöhön	0	0	0

Suojelukohteissa saneeraustaulukkoliisiin lisätään 5 % - yksikköä

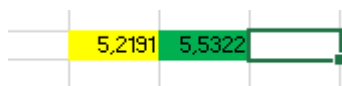
## Kohta 2 Vaativuus- ja olosuhdelisät

### Vaativuuslisät

Kuululisiä	+ 20 %
RST – HST – tai pinnoitettu materiaali	+ 10 %
Asennukset laboratorioissa ja erityistä puhtautta vaativa työt, vaativampi kuin P1-luokka	+ 30 %
Yli 1 mm pelistä tehty kanava	+ 20 %

Kuva 11. Ote talotekniikan alan työehtosopimuksesta

Tutkimuksessa käytettävä kohde on toimistosaneerauskohte, joten taulukosta voimme nähdä että siihen tulee kuuden prosenttiyksikön nousu normitunteihin, koska kyseessä on toimistosaneeraus ja rakennus on poistettu käytöstä. Mikään vaativuuslisä ei kyseisillä massoilla täyty. Kuvassa 11 näkyvät perusnormitunnit kerrottuna kertoimella 1.06, minkä jälkeen normitunneissa on otettu huomioon rakennustyyppi ja olosuhdelisät. Keltaisessa laatikossa on normituntikertoimet kerrottu yhden esimerkkiosan massalla. Vihreässä laatikossa on otettu lisäkerroin huomioon kertomalla saatu tulos.



Kuva 12. Rakennustyyppi ja olosuhdelisien mukainen normituntimäärä

Neljäs vaihe:

Nyt tutkimuksessa on käyty läpi miten asennusaika lasketaan työehtosopimuksen mukaisten normituntien mukaan. Tämä ei kuitenkaan vielä luo paikkansa pitävää aikataulua työn suorittamiselle. Last Planner -aikatauluajattelussa painotetaan sitä, että olosuhteet pitää luoda työlle sellaisiksi, että työ voidaan suorittaa luontevasti ja edellytykset työn toteuttamiselle täyttyvät. Työehtosopimuksen normitunteja käyttäessä tähän on helppo tapa. Työehtosopimuksessa määritellään normituntien toteutuminen, kun työ ei sisällä seuraavia asioita (kuva 13).’

**Kohta 2 Normiaikoihin eivät sisälly seuraavat työt**

- A) Tarvikkeiden ja työkalujen haku kauempaa kuin 30 metrin etäisyydeltä siitä kulkuaukosta, josta tarvikkeet kuljetetaan.
- B) Jos työntekijän täytyy odottaa tarvikkeita, jotka hän on 1b-kohdan mukaisesti tilannut tai jos muutoin ilmaantuu esteitä urakkatyön jatkamiselle ja asiasta on hyvissä ajoin ilmoitettu työnantajalle eikä muuta työtä järjestetä, on näin menetetty työaika korvattava odotusajan palkan mukaan.
- C) Telineiden teko ja purkaus
- D) Kanavien läpimenoja varten tarvittavien reikien teko ja niiden paikkaaminen.
- E) Eristystyöt
- F) Kaivantojen teko ja täyttö
- G) Merkitsemistyö silloin, kun viranomaisten vaatimat reikäkuvat puuttuvat tai ovat puutteelliset, tai kun asentaja varta vasten lähetetään työmaalle ainoastaan merkitsemistyöhön.
- H) Maalaustyöt, lukuun ottamatta paikkamaalauksia pohjamaalilla yhteen kertaan.
- I) Varsinaiset talonrakennustyöt.
- J) Palautus luettelon laatiminen
- K) Työselityksessä vaadittujen kanavien, osien ja laitteiden pesu puhdistus- nesteellä ennen asennustyötä.
- L) Säättömittaukset ja pöytäkirjan teko.
- M) Lisätilaus liikkeen varastosta, milloin tarvikeluettelo puuttuu tai on oleellisesti puutteellinen.
- N) Ilmastointikanavien nuohous työt.
- O) Tiiveys kokeet
- P) Kulkeminen taukotiloihin, jotka sijaitsevat yli 100m kulkuaukosta (Viranomais määräyksen mukaan taukotilassa on oltava vähintään yksi neliometri rakennustyömaan kunkin työvuoron työntekijää kohden. Taukotila on kalustettava asianmukaisilla pöydillä ja selkänojallisilla istuimilla siten, että työntekijöillä on esteettömään ruokailuun. Jollei taukotilassa ole mahdollisuutta lämpimän aterian saantiin, tila on varustettava laitteilla mukana tuodun ruuan ja juoman säilyttämistä varten. Taukotilassa on tällöin oltava jääkaappi.)

Kuva 13. Normituntiaikoihin sisältymättömät työt. Talotekniikka alan työehtosopimus

Kyseistä listaa voimme siis käyttää määrittämään ne olosuhteet työlle ja aikataulutamaan työn sisältö niin, että normitunnit toteutuvat ja niistä voidaan luoda luotettava aika- taulu. Esimerkkinä kohta A.

” Tarvikkeiden ja työkalujen haku kauempaa kuin 30 metrin etäisyydeltä siitä kulku- aukosta, josta tarvikkeet kuljetetaan. ”

Tästä voimme saada Last Planner -ajattelussa puhutun panosvirran yhden vaikuttavat tekijän. Jos tarvikkeet ja työkalut on haettava kauempaa kuin 30 metriä, on se aikatau- luun vaikuttava tekijä. Työehtosopimuksessa esitetyt kohdat antavat normituntien toteu- tumiselle raamit kyseisen työn ajalliselle onnistumiselle.

Voimme siis luoda työlle ennen sen aloittamista sellaisen olosuhteen, jotta se voidaan aikataulussa toteuttaa hankkimalla työkalut ja tarvikkeet valmiiksi alle 30 metrin päähän työpisteestä. Tällöin ei kyseinen panosvirta enää vaikuta työn suorittamiseen ja tältä osin aikataulu on toteutettavissa.

#### 5.4 IV-aikataulutus

Aikataulussa käytettävät aikataulumääreet ovat teoreettisia. Tähän työhön olen rytmittänyt IV ja KVV urakat kerroksessa viikkosuunnitelmiin sopiviksi, eikä ne heijasta kohteen yleisaikataulua. Aikataulujen luonti työssä kuvailemallani tavalla on aina tilanne ja urakoitsijakohtaista. Tähän työhön olen rytmittänyt yhden kerroksen vievän 3 viikkoa asennusaikaa IV:llä, jota seuraa 2 viikkoa asennusta KVV:llä.

Tutkimuksessa tutkittavan kerroksen LVI-työt alkavat IV-asennuksilla. Asennukset suoritetaan ilman eristyksiä. Näitä seuraa tutkimuksessa KVV-asennukset tahditettuna nettotyötuntien ja viikon pituisten työjaksojen määräämänä. Tarkoituksena on tahdittaa kerroksen asennukset niin, että IV-asennukset menevät edellä, minkä jälkeen tulevat KVV-työt 1,5 viikon puskurilla.

Aikatauluttaessa IV-asennuksia Last Planner -mallilla, on jokaisen viikon työt aina valmisteltava edellisellä viikolla, jotta työt etenevät tahtiaikataulussa. Tilanteen mukaan on tällöin otettava huomioon ja keskusteltava erinäisistä panosvirroista koskien viikon mitausta katkeamatonta työjaksoa. Edellisen kappaleen perusteella voimme kuitenkin tähänkin työhön suunnitella nettotuntien toteutumiseen kohdistuvia edellytyksiä. Voimme etukäteen nähdä kuvan 12 määrittämistä töistä työvaiheita, jotka pitää suorittaa ennen IV asennusten kunkin jakson alkamista.

**Kohta 2 Normiaikoihin eivät sisälly seuraavat työt**

- A)** Tarvikkeiden ja työkalujen haku kauempaa kuin 30 metrin etäisyydeltä siitä kulkuaukosta, josta tarvikkeet kuljetetaan.
- B) Jos työntekijän täytyy odottaa tarvikkeita, jotka hän on 1b-kohdan mukaisesti tilannut tai jos muutoin ilmaantuu esteitä urakatyön jatkamiselle ja asiasta on hyvissä ajoin ilmoitettu työnantajalle eikä muuta työtä järjestetä, on näin menetetty työaika korvattava odotusajan palkan mukaan.
- C)** Telineiden teko ja purkaus
- D)** Kanavien läpimenoja varten tarvittavien reikien teko ja niiden paikkaaminen.
- E) Eristystyöt
- F) Kaivantojen teko ja täyttö
- G)** Merkitsemistyö silloin, kun viranomaisten vaatimat reikäkuvat puuttuvat tai ovat puutteelliset, tai kun asentaja varta vasten lähetetään työmaalle ainoastaan merkitsemistyöhön.
- H) Maalaustyöt, lukuun ottamatta paikkamaalauksia pohjamaalilla yhteen kertaan.
- I) Varsinaiset talonrakennustyöt.
- J) Palautus luettelon laatiminen
- K)** Työselityksessä vaadittujen kanavien, osien ja laitteiden pesu puhdistus- nesteellä ennen asennustyötä.
- L) Sääntömittaukset ja pöytäkirjan teko.
- M) Lisätilaus liikkeen varastosta, milloin tarvikeluettelo puuttuu tai on oleellisesti puutteellinen.
- N) Ilmastointikanavien nuohous työt.
- O) Tiiveys kokeet
- P)** Kulkeminen taukutiloihin, jotka sijaitsevat yli 100m kulkuaukosta (Viranomais määräyksen mukaan taukotilassa on oltava vähintään yksi neliometri rakennustyömaan kunkin työvuoron työntekijää kohden. Taukotila on kalustettava asianmukaisilla pöydillä ja selkänojallisilla istuimilla siten, että työntekijöillä on esteettömään ruokailuun. Jollei taukotilassa ole mahdollisuutta lämpimän aterian saantiin, tila on varustettava laitteilla mukana tuodun ruuan ja juoman säilyttämistä varten. Taukotilassa on tällöin oltava jääkaappi.)

Kuva 14. Työn aloittamisen edellyttämät kohdat työehtosopimuksesta

Normituntien ajallista onnistumista edellyttävät työt näissä työvaiheissa on merkitty kuvaan 14. Nämä kohdat ovat tämän työn kannalta ennustettavissa olevat työt, jotka pitää varmistaa tehdyksi ennen suunnitellun viikkosuunnitelman toteuttamista.

A)

Logistiikkapalvelulle on edellisviikolla annettava ohjeet tarvikkeiden ja osien sijoittelulle kerrokseen niin, että kohdassa mainittu 30 metrin etäisyys täyttyy.

C)

Mahdolliset tarvittavat telineet on kartoitettava projektissa toimivalle rakennuspuolelle hyvissä ajoin ennen työn aloittamista ja ne on kuitattava tehdyiksi edellisviikolla Last Planner –viikkosuunnitelmaan.

D)

Kaikki mahdolliset reiät ja läpiviennit on suunniteltava ja merkattava rakennuspuolelle hyvissä ajoin ennen kyseistä viikkosuunnitelman toteutumista. Rakennuspuolelle projektissa on annettava tähän riittävästi aikaa, jotta reiät ja läpiviennit ovat valmiita edeltävällä viikolla. Reikien ja läpivientien valmius kuitataan Last Planner –viikkosuunnitelmaan.

G)

Kohdan D mukaan reiät ja läpiviennit ovat valmiita edellisviikolla, mutta tämä kohta kannattaa merkitä kierrokseksi edellisviikon viikkosuunnitelmaan, jotta varmistutaan reikien ja läpivientien valmistumisesta ajoissa. Kierros edellisviikolla antaa myös tarvittavan reagointiajan puutteiden korjaukseen.

K)

Osat, kanavat ja laitteet on varmistettava logistiikan toimitettua ne oikeaan paikkaan kohdan A mukaan. Tämä on hyvä tehdä edellisviikolla, ja kuitata samaan kohtaan kohdan A mukaan viikkosuunnitelmaan.

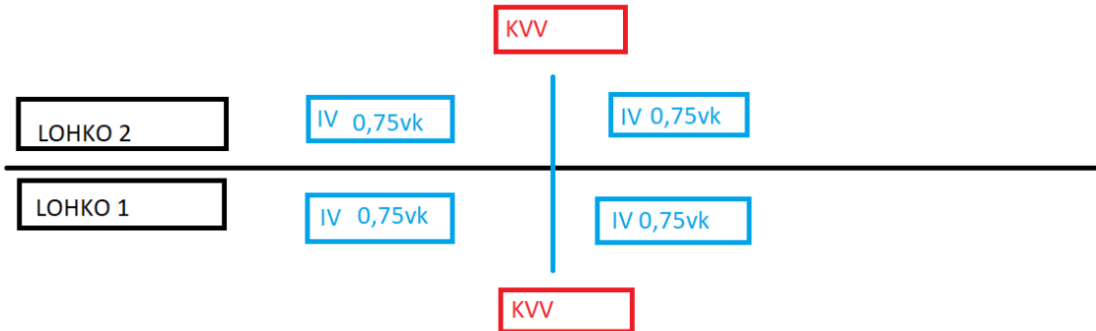
P)

Työmaallamme on järjestetty tauko- ja ruokailutilat tämän vaatimuksen mukaan.

Näiden töiden valmistumisen lisäksi on urakoitsijan työnjohto hyvä viedä viikkosuunnitelman määräämälle paikalle edellisviikolla ja näytettävä asennusvalmis mesta heille ja pyydettyä kuittaus heiltä sen mahdolliselle onnistumiselle.

Viikkosuunnitelman toteutuminen tarvitsee siis tiedon ja kuittauksen kaikilta edeltäviin töihin osallistuvilta osapuolilta. Nämä kuittaukset tehdään Last Planneriin kunkin osapuolen valmistuneiden töiden osalta.

Tämän jälkeen voimme jakaa lohkot viikkosuunnitelmaan sopiviksi paketeiksi nettotuntien antamien aikojen avulla. Tarkoituksena tässä työssä on tahdittaa IV-asennukset valmistuviksi kolmessa viikossa kyseisessä kerroksessa (kuva 15).



Kuva 15. Lohkojen IV-asennusten viikkotavoitteet

Tämän hahmotelman mukaan voimme tahdittaa IV:n kolmeen viikon mittaiseen pakettiin.

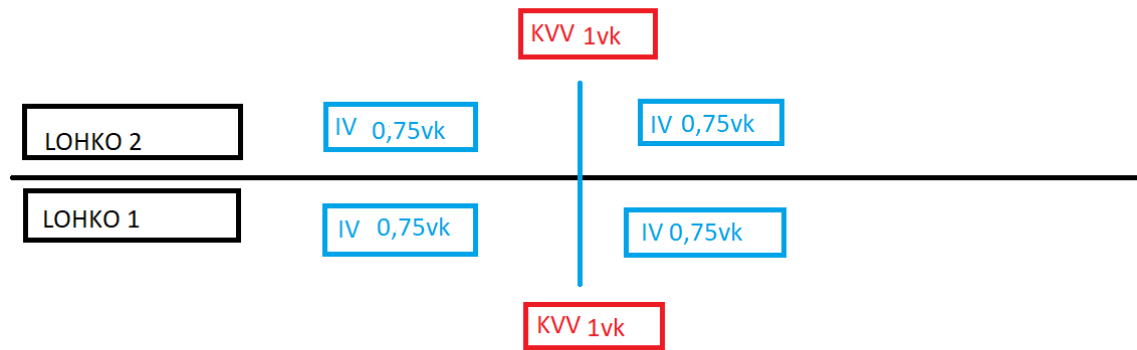
Edeltävien töiden kuittaus edellisen kohdan mukaan tulee olla kuitattuna aina edellisviikolla ennen kunkin viikon töiden aloittamista. Aikataulusta tulee lineaarinen lohkoista 1 edeten lohkoon 2 (kuvat 16 ja 17).

LastPlanner-suunnitelma																			
Kohde:											Yhteyshenkilö:		PPC = _____				Viikko: _____		
LastPlanner											Ajaja:								
Viikkosuunnitelma																			
Työryhmä	Tehävä	Aikataulu IV-tilaan	1. viikon tavoittemäärä	Yks.	Tot.määrä	Tavoitte työtuntien yks./iv	Osa-kohde	1. viikon suunnitelma					TOT	2. viikon suunnitelma					POIKKEAMAT
								maanantai	tiistai	keskiviikko	torstai	perjantai		maanantai	tiistai	keskiviikko	torstai	perjantai	
LVI	Asennukset lohko 1	VK x	66	%	0%	66%	L 1	L 1	L 1	L 1	L 1	66%	L 1	L 1	L 1/2	L 2	L 2		
KVV	Asennukset lohko 2				0%							0%	L 1	L 1	L 1	L 1	L 1		

Kuva 16. Last Planner -viikkosuunnitelma tahditettuna tavoitteiden mukaan

Massoista normituntien kanssa laskemalla saimme lohkolle yhteensä 250 normituntia asennusaikaa käyttäen tietomallista saatuja massoja ja kertomalla ne työehtosopimuksen normituntikertoimilla.

Laskien tästä että yksi ihminen tekee viikossa 40 normituntia olosuhteiden ollessa oikeita ja varmistettuja, tarvitaan asennuksiin 4 asentajaa, jotta pysymme halutussa aikataulussa.



IV 4 asentajaa  
KVV 2 asentaiaa

Kuva 17. Tahditettu IV- ja KVV-aikataulu viikoittain

## 5.5 KVV-aikataulutus

Käyttöveden ja viemärin asennusaikojen laskeminen tapahtuu samalla tavalla kuin ilmanvaihdossa. Työehtosopimuksessa on kuitenkin eroavaisuuksia haittalisien kanssa KVV-nettotunneissa. Myös valmistelevat työt luonnollisesti eroavat ilmanvaihtoon verrattuna.

KVV:n normitunteihin vaikuttavat lisät löytyvät Talotekniikan alan työehtosopimuksesta sivulta 100 eteenpäin. Lisiä on enemmän kuin ilmanvaihtoasennuksissa. Tässä kohteessa vaikuttavia lisiä ovat kaikkiin asennuksiin vaikuttavat rakennustyyppin haittalisät 16 % ja saneerauslisä 7 %. Nämä lisät on laskettu yhteenlaskettuihin nettotunteihin. Erilisiin asennuksiin vaikuttavat lisät ovat viemäreiden asennus holvin alapintaan 25% ja dB-viemärilisä 20 %.

Työehtosopimus ei myöskään tarjoa KVV-asennuksissa putkiston erillisille osille asennusaikoja, vaan kaikki nettotunnit lasketaan metrimäärän mukaan ja näin ollen kaikki asennukset ovat mukana niissä. Vesikalusteille on omat asennusaikansa.

Huomioon otettavia valmistelevia töitä katsotaan työehtosopimuksesta samalla tavalla kuin ilmanvaihdossa (kuva 18).

## Kohta 2 Normiaikoihin eivät sisälly seuraavat työt

- a. Tarvikkeiden, veden ja työkalujen haku kauempaa kuin 30 metrin etäisyydeltä siitä kulkuaukosta, josta tarvikkeet kuljetetaan
- b. Jos työntekijän täytyy odottaa tarvikkeita, jotka hän on 1 b-kohdan mukaisesti tilannut tai jos muutoin ilmaantuu esteitä urakatyön jatkamiselle ja asiasta on hyvissä ajoin ilmoitettu työnantajalle eikä muuta työtä järjestetä, on näin menetetty työaika korvattava odotusajan palkan mukaan
- c. Telineiden teko ja purku
- d. Putkien läpimenoja varten tarvittavien reikien teko ja niiden paikkaaminen
- e. Eristystyöt, lukuun ottamatta läpimenokohtiin tehtäviä hylsyjä
- f. Kaivantojen teko ja täyttö
- g. Merkitsemistyö silloin, kun viranomaisen vaatimat reikäkuvat puuttuvat tai ovat puutteelliset, tai kun asentaja varta vasten lähetetään työmaalle ainoastaan merkitsemistyöhön
- h. Maalaustyöt, lukuun ottamatta paikkamaalauksia pohjamaalilla yhteen kertaan
- i. Varsinaiset talonrakennustyöt viemäreiden kannakointiin liittyvät lan-  
kutukset ja siihen liittyvät työt
- j. Palautusluettelon laatiminen
- k. Työselityksessä vaadittu putkistojen putken osien ja laitteiden pesu  
puhdistusnesteellä ennen asennustyötä
- l. Sääntömittaukset ja -pöytäkirjan teko
- m. Lisätilaus liikkeen varastosta, milloin tarvikeluettelo puuttuu tai on  
oleellisesti puutteellinen
- n. Sykehuhuhtelu
- o. Kulkeminen taukotiloihin, jotka sijaitsevat yli 100m kulkuaukosta  
(Viranomais määräyksen mukaan taukotilassa on oltava vähintään yksi  
neliometri rakennustyömaan kunkin työvuoron työntekijää kohden.  
Taukotila on kalustettava asianmukaisilla pöydillä ja selkänojallisilla  
istuimilla siten, että työntekijöillä on esteettömään ruokailuun. Joll-  
ei taukotilassa ole mahdollisuutta lämpimän aterian saantiin, tila on  
varustettava laitteilla mukana tuodun ruuan ja juoman säilyttämistä  
varten. Taukotilassa on tällöin oltava jääkaappi.)

### SANEERAUS

- p. Asbestipitoisten eristeiden purku.
- q. Erytistöimenpiteitä edellyttävä palosuojaus sekä palovartiointi  
silloin, kun työntekijä ei vartiointin ohessa suorita samanaikaisesti  
 muita työtehtäviä.

Kuva 18. Ote Talotekniikan alan työehtosopimuksesta

Lisähuomiona KVV asennuksissa on kohta q. KVV-asennuksissa tehdään tulitöitä, joten suojaamiselle ja tulityövartiointille on päätettävä tekijä aina ennen tulitöiden aloittamista.

Tämä tuo oman haasteensa asennuksien aikataulussa pysymiseen, mutta tämä tarve on kerrottava työmaakokouksessa, ja merkittävä Last Plannerin valmistelevien töiden huomiokenttään, jotta tähän osataan aina varautua.

Kohdassa H olevat maalaustyöt sisältävät KVV asennuksissa myös usein vedeneristystyöt märkätiloihin, jotka ovat vaatimus kalusteiden asennuksille. Tämä on merkittävä myös erikseen alustaviin töihin ja kuitattava tehdyksi ennen viikkosuunnitelman toimellepanoa.

KVV-töiden nettotuntien yhteenlaskettu määrä lohkolla 1 ja lohkolla 2 on 150 tuntia. Tahditettuna järkeväksi ilmanvaihdon kanssa lohkon valmistumiseen olisi käytettävä sama 1,5 viikkoa, kuin ilmanvaihdolla menee. Lohkolla 1 on 78 nettotuntia ja lohkolla 2 72. Kahdella asentajalla tämä onnistuisi viikossa. Tahditus menee tässä tapauksessa puolella viikolla nopeammin kuin ilmanvaihto. Yhdelle asentajalle 78 nettotunnin tekeminen 1.5 viikossa on kuitenkin epätodennäköistä, joten tahditamme KVV-töiden asentamisen yhteen viikkoon per lohko. Tämä tuo suunnitelmaan pienen epäkohdan, mutta koska kyse on vain muutamasta päivästä, voidaan urakoitsijan kanssa varmasti sopia asentajien tekevän tämän ylijäämä ajan joltain muuta työmaalla. Urakoitsija saa myös tällöin mahdollisuuden teettää asentajilla muita töitä jossain muualla aikataulun puitteissa. Tärkeintä on pitää kiinni tästä tahdistista.

Tämän tutkimuksen ulkopuolella rakennuksessa on vielä muitakin kerroksia, mitkä ovat varustukseltaan melkein samanlaisia kuin tämä kerros. Tätä tahtia voidaan siis ajatella tehokkaasti käytettäväksi seuraaviinkin kerroksiin.

## 5.6 LVI-projektipäällikön haastattelu

Haastateltavana tutkimuksessa tehdyn työn jälkeen oli projektin talotekniikan projektipäällikkö Ari Pulkki. Ari Pulkki on toiminut ohjaajanani opinnäytetyön ajan.

Pulkin mukaan työn lopputulos on lupaava pienen hiomisen jälkeen liittyen sen ottamista mukaan varsinaiseen projektiin. Tarkoituksenamme on yrittää ottaa se mukaan projektiimme, kun talotekniikan urakoitsijat alkavat työnsä projektissamme kesällä ja alkusyksystä 2020.

Tärkeää tämänlaisen aikataulusuunnittelun kannalta Pulkin mukaan on se, että se otetaan sopimusvaiheessa mukaan urakoitsijoiden tietoon. Urakoitsijoiden sitoutuessa sopimusvaiheessa tiettyyn aikatauluun, on tällöin oltava tiedossa viikkoaikataulujen käyttö ja niiden noudattaminen. Tämänkaltaista viikkoaikatauluihin sitoutumista on todella vaikea viedä mukaan projektiin myöhemmässä vaiheessa urakoitsijoiden ollessa sitoutuneita jo muihin suunnitelmiin.

Myös pääurakoitsijan on sovittava sisäisesti Last Planner -viikkoaikataulujen käytöstä, sillä jotta viikkoaikataulujen vaatimat edellytykset kultakin osapuolelta täyttyvät, on kaikkien sitouduttava noudattamaan viikkoaikatauluja.

Pulkin mukaan tämän kaltainen viikkosuunnittelu antaisi projektinhoidolle hyvän keinon seurata urakoitsijoiden työtä projektissa. Eritoten aika–paikka-suunnittelu projektinhoidossa olisi näin helppoa, sillä huonon viikkosuunnittelun tuloksena projekti usein ajautuu epäjärjestykseen ja pääurakoitsijan ja urakoitsijoiden välinen tietoisuus kärsii.

Mallin kautta saataviin massoihin perustuva aikataululaskenta on erinomainen pohja faktaan perustuviin selvityksiin aikataulun suhteen. Epäonnistumisia on helpompi käydä läpi, kun on esittää faktapohjaisia otteita aikataulusta. Usein Pulkin mukaan projekteissa uupuu tällainen ”mustaa valkoisella” perustelu aikatauluihin ja töiden kestoa usein vain arvioidaan. Massoihin ja nettotunteihin perustuva aikataulu antaa myös tarpeeksi valinnanvaraa työn pituutta määritellessä, sillä sitä voi muokata pidemmäksi ja lyhyemmäksi muuttamalla työn tekijöiden vahvuutta. Tällöin tietyt työt saadaan helposti yleisaikatauluun sopivaksi.

Tässä kyseenomaisessa projektissa tämänkaltaisen aikataulumenettelyn käyttö on todella hyvä vaihtoehto, sillä kerrokset ovat samankokoisia ja tekniikaltaan muistuttavat toisiaan. Tämä on edellytys toimivan tahtiaikataulun onnistumiselle. Huomiona kuitenkin tälle työlle on se, että jos projektissa olisi malliltaan erilaisia kerroksia, ei tämänkaltaisen

viikkosuunnittelu olisi ehkä järkevää. Massojen ollessa huomattavasti erilaista kerroksissa, on tämänkaltaisen viikkoaikatauluihin nojautuvan tahtiaikataulun luonti liian vaihtelevaa. Tällöin tahtiaikataulusta tulisi liian sekava ja olisi ehkä parempi käyttää hieman erilaisia metodeja aikatauluttamiseen.

Tutkimuksen toimintamallia on myös todella tehokasta hyödyntää lisä- ja muutostöiden aikatauluhallintaan, sillä niitä ei yleisessä aikataulussa usein oteta tarpeeksi hyvin huomioon. Massoihin perustuva aikataululaskeminen olisi varma pohja laskiessa ja esittäessä aikatauluja muutos- ja lisätöistä. (Pulkki 2020)

## 6 Yhteenveto

Tietomalli on työkaluna tehokas tapa saada rakennuksen massoihin perustuvaa tietoa nopeasti. Tapojen ja toimintamallien ollessa tarpeeksi helppoja ja säännöllisiä on se oiva työkalu projektinjohtolliseen aikatauluttamiseen. Tietomallin ottaessa koko ajan enemmän roolia rakennusteollisuudessa on sen käyttömetodit juurrutettava alaan, ja näin niistä tulee luonnollinen osa projekteja. Normitunnit ja tietomalli ovat molemmat säännöllisiä ja yksinkertaisia. Normituntien ollessa työehtosopimuksessa määriteltyjä ei niiden käyttö tarvitse sen enempää arvioimista tai tietämystä. Tietomallista saatavat massat ovat myös saatuja lukuja, eikä niidenkään määrästä voi kiistellä. Nämä kaksi yhdistettynä ovat vankka pohja hyvälle ja kiistattomalle aikatauluttamiselle. Tarpeeksi yksinkertainen malli aikataulujen luomiseen mahdollistaa aikataulujen luonnin ja tulkinnan niin talotekniikan ammattilaisille, kuin muillekin projektissa työskenteleville osapuolille.

## Lähteet

SRV yhtiönä. 2020. Verkkoaineisto <[www.srv.fi](http://www.srv.fi)>. Luettu 12.2.2020

Tallinnan uuden oikeustalon BIM-mallinnusta hyödynnetään rakennuksen ylläpidossa. 2020. Verkkoaineisto. [cads.fi](http://cads.fi). Luettu 12.2.2020.

Järvinen, Tero 2020. Tietomallipäällikkö, Granlund Oy. Haastattelu. Helsinki.

Jävälä, Päivi & Lehtoviitta, Timo, 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskenvesa, Anssi & Koskela, Lauri, 2003. Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla, Espoo: VTT.

Pulkki, Ari. 2020. Projektipäällikkö, SRV Rakennus Oy. Haastattelu. Helsinki.

Sahlstedt, Satu. & Koskenvesa , Anssi., 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustie

